

Docket No.: T0203.0006/P006  
(PATENT)

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:  
Yasutake Ohishi et al.

Application No.: Not Yet Assigned

Filed: Concurrently Herewith

Art Unit: N/A

For: ASE LIGHT SOURCE, OPTICAL  
AMPLIFIER AND LASER OSCILLATOR

Examiner: Not Yet Assigned

**CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS**

MS Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following  
prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2001-294677	September 26, 2001

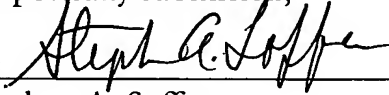
Application No.: Not Yet Assigned

Docket No.: T0203.0006/P006

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith.

Dated: March 25, 2004

Respectfully submitted,

By 

Stephen A. Soffen

Registration No.: 31,063

DICKSTEIN SHAPIRO MORIN &  
OSHINSKY LLP

2101 L Street NW

Washington, DC 20037-1526

(202) 785-9700

Attorney for Applicant



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 1 年    9 月 2 6 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 1 - 2 9 4 6 7 7  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 1 - 2 9 4 6 7 7 ]

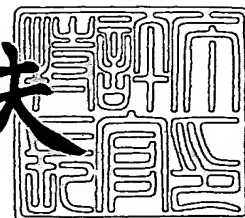
出      願      人                      エヌティティエレクトロニクス株式会社  
Applicant(s):



2 0 0 4 年    3 月    8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 4 - 3 0 1 7 8 4 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 NEL01225

【提出日】 平成13年 9月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/14

【発明の名称】 A S E 光源、光増幅器およびレーザ発振器

【請求項の数】 21

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号 エヌティティエレクトロニクス株式会社内

【氏名】 大石 泰丈

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号 エヌティティエレクトロニクス株式会社内

【氏名】 中川 幸一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号 エヌティティエレクトロニクス株式会社内

【氏名】 金森 照寿

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号 エヌティティエレクトロニクス株式会社内

【氏名】 開 洋介

【特許出願人】

【識別番号】 591230295

【氏名又は名称】 エヌティティエレクトロニクス株式会社

**【代理人】****【識別番号】** 100077481**【弁理士】****【氏名又は名称】** 谷 義一**【選任した代理人】****【識別番号】** 100088915**【弁理士】****【氏名又は名称】** 阿部 和夫**【選任した代理人】****【識別番号】** 100106998**【弁理士】****【氏名又は名称】** 橋本 傳一**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 013424**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 i**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 0111942**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ASE 光源、光増幅器およびレーザ発振器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 希土類を添加した光ファイバを光増幅媒体とし、励起光を導入した前記光ファイバからの自然放出光を出力とする ASE 光源において、

Tm 添加光ファイバから発生する自然放出光を出力する第 1 発光手段を備えたことを特徴とする ASE 光源。

【請求項 2】 希土類を添加した光ファイバを光増幅媒体とし、励起光を導入した前記光ファイバからの自然放出光を出力とする ASE 光源において、

Tm 添加光ファイバから発生する自然放出光を出力する第 1 発光手段と、  
該第 1 発光手段の出力を Er 添加光ファイバにより増幅した増幅光と、前記 Er 添加光ファイバから発生する自然放出光とを重ね合わせて出力する第 2 発光手段と

を備えたことを特徴とする ASE 光源。

【請求項 3】 前記第 1 発光手段は、Tm イオンの  ${}^3F_4 - {}^3H_4$  準位間のエネルギーに相当する励起光と、 ${}^3H_6 - {}^3F_4$  準位間のエネルギーに相当する励起光とを、前記 Tm 添加光ファイバに入力する励起光源を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の ASE 光源。

【請求項 4】 前記第 1 発光手段は、波長 1360～1445 nm の励起光を、前記 Tm 添加光ファイバに入力する励起光源を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の ASE 光源。

【請求項 5】 前記第 1 発光手段は、各々強度の異なる励起光を、前記 Tm 添加光ファイバの両端から入力して、自然放出光を出力することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の ASE 光源。

【請求項 6】 前記 Tm 添加光ファイバは、フッ化物ガラスの母体として、Tm を添加した光ファイバであることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の ASE 光源。

【請求項 7】 前記 Tm 添加光ファイバは、濃度条長積が 30,000 ppm・m 以上 100,000 ppm・m 以下であり、Tm 濃度が 1000 ppm 以

上 8000 ppm 以下であることを特徴とする請求項 6 に記載の ASE 光源。

【請求項 8】 前記第 2 発光手段が有する Er 添加光ファイバは、石英系ガラス、フッ化物ガラスまたはテルライトガラスを母体として、Er を添加した光ファイバであることを特徴とする請求項 2 ないし 7 のいずれかに記載の ASE 光源。

【請求項 9】 Er 添加光ファイバから発生する自然放出光を出力する第 3 発光手段と、

前記第 2 発光手段の出力と前記第 3 発光手段の出力とを合波して出力する第 1 合波手段と

を備えたことを特徴とする請求項 2 ないし 8 のいずれかに記載の ASE 光源。

【請求項 10】 前記第 3 発光手段が有する Er 添加光ファイバは、石英系ガラス、フッ化物ガラスまたはテルライトガラスを母体として Er を添加した光ファイバであることを特徴とする請求項 9 に記載の ASE 光源。

【請求項 11】 Er 添加光ファイバから発生する自然放出光を出力する第 4 発光手段と、

前記第 3 発光手段の出力と前記第 4 発光手段の出力とを合波して前記第 1 合波手段に出力する第 2 合波手段と

を備えたことを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の ASE 光源。

【請求項 12】 前記第 4 発光手段が有する Er 添加光ファイバは、フッ化物ガラスを母体として Er を添加した光ファイバであることを特徴とする請求項 11 に記載の ASE 光源。

【請求項 13】 前記第 2 発光手段は、Er イオンの  $4I_{15}/2-4I_{13}/2$  準位間のエネルギーに相当する励起光を、前記 Er 添加光ファイバに入力する励起光源を有し、

前記第 2 発光手段の出力を分波して、前記第 3 発光手段の励起光として入力する分波器をさらに備えたことを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の ASE 光源。

【請求項 14】 前記第 2 発光手段は、波長 1350～1445 nm の励起光を、前記 Er 添加光ファイバに入力する励起光源を有し、

前記第2発光手段の出力を分波して、前記第3発光手段の励起光として入力する分波器をさらに備えたことを特徴とする請求項9または10に記載のASE光源。

【請求項15】 希土類を添加した光ファイバを光増幅媒体とし、励起光を導入した前記光ファイバからの自然放出光を出力とするASE光源において、

Tm添加光ファイバから発生する自然放出光を出力する第1発光手段と、

該第1発光手段の一方の出力をEr添加光ファイバにより増幅した増幅光と、前記Er添加光ファイバから発生する自然放出光とを重ね合わせて出力する第2発光手段と、

前記第1発光手段の他方の出力と前記第2発光手段の出力とを合波する合波手段と

を備えたことを特徴とするASE光源。

【請求項16】 希土類を添加した光ファイバを光増幅媒体とし、該光増幅媒体に信号光と励起光とを導入し、前記信号光を増幅する光増幅器において、

前記信号光をEr添加光ファイバにより増幅して出力する第1増幅手段と、

該第1増幅手段の出力をTm添加光ファイバにより増幅して出力する第2増幅手段と

を備えたことを特徴とする光増幅器。

【請求項17】 前記第1増幅手段は、Erイオンの $4I_{15}/2-4I_{11}/2$ 準位間のエネルギーに相当する励起光を、前記Er添加光ファイバに入力する励起光源を有し、

前記第2増幅手段は、Tmイオンの $3F_4-3H_4$ 準位間のエネルギーに相当する励起光と、 $3H_6-3F_4$ 準位間のエネルギーに相当する励起光とを、前記Tm添加光ファイバに入力する励起光源を有することを特徴とする請求項16に記載の光増幅器。

【請求項18】 前記Tm添加光ファイバは、Tm濃度が500ppm以上3000ppm以下であることを特徴とする請求項16または17に記載の光増幅器。

【請求項19】 前記第2増幅手段の出力をEr添加光ファイバにより増幅



して出力する第3増幅手段をさらに備えたことを特徴とする請求項16、17または18に記載の光増幅器。

【請求項20】 前記第1増幅手段が有するEr添加光ファイバの濃度条長積は、前記第3増幅手段が有するEr添加光ファイバの濃度条長積よりも小さいことを特徴とする請求項19に記載の光増幅器。

【請求項21】 請求項16ないし20のいずれかに記載の光増幅器の出力に接続されたフィルタと、

該フィルタの出力に接続され、一方の出力を前記光増幅器に入力する分岐手段と

を備えたことを特徴とするレーザ発振器。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、ASE光源、光増幅器およびレーザ発振器に関し、より詳細には、光部品の特性評価または光計測用の光源、波長分割多重(WDM)伝送用の光源として使用される広帯域なASE光源、WDM伝送用に用いられる光増幅器、および波長可変レーザ発振器に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

近年、インターネットに代表される爆発的な通信需要の増加により、幹線系の光伝送システムにおいて、伝送容量の増加の必要性が高まっている。現在、幹線系の光伝送システムは、Er添加ファイバ増幅器の増幅波長範囲である約1530～1560nm(Cバンド)と、約1570～1600nm(Lバンド)とを使用している。さらに、伝送容量の増加のために、これらバンドとは異なる波長帯域を使うことが提案され、1470nm付近の新規の波長帯域(Sバンド:約1450～1530nm)を使用するシステムが研究開発されている(T. Sakamoto et al., OFC2000, PD4 参照)。

##### 【0003】

光伝送システムには、フィルタやカップラ等の多くの光受動部品が使用されてい

る。これら光受動部品の製造過程においては、挿入損失やクロストーク等の検査を行っている。これら検査には、作業の簡略化または効率化のために、ある程度広い波長範囲で使用できる光源を用いている。例えば、上述したCバンドやLバンドで使用される光受動部品には、Er添加光ファイバを使用したASE光源が使用されている。

#### 【0004】

ASE (Amplified Spontaneous Emission; 増幅自然放出) 光源は、希土類を添加した光ファイバからの広帯域な自然放出光を出力とする光源である。Er添加光ファイバを使用したASE光源は、CバンドとLバンドにおいて高出力が得られ、AWG (Arrayed Waveguide Grating; アレイ導波路格子) のような狭帯域フィルタのクロストークを測定する際に必要な $-20\text{ dB/nm}$ 程度のパワー密度が得られる。

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

図1に、従来のASE光源のスペクトルを示す。現在、実用化されているASE光源は、 $1440\sim 1490\text{ nm}$ 、および $1525\sim 1605\text{ nm}$ の2つの波長帯において、パワー密度 $-20\text{ dBm/nm}$ 以上を有している。しかしながら、 $1490\sim 1525\text{ nm}$ 波長帯ではパワー密度が低くなり、光計測に利用できないのが現状である。今後、WDM伝送技術の進展にともない、 $1490\sim 1525\text{ nm}$ の波長帯も利用されることが予想され、システム構築に必要となる光部品の開発が必要となり、その特性を評価するための光源が求められる。

#### 【0006】

また、このような光源は、ASE光源に限らず、波長可変レーザでもよいが、経済性の優れたレーザを構成することができない。一方、ファイバレーザは、経済性に優れ、製造が容易なため、光部品産業に大きな利便をもたらすことができる。さらに、上述した広い波長範囲で、十分に高い利得および低い雑音指数を有する希土類添加型の光増幅器は、実用化がなされておらず、これを実現することができれば、WDM伝送技術の大きな進展につながる。

#### 【0007】

1470 nm 付近の新規の波長帯域において、Tm 添加光ファイバを使用した ASE 光源が知られている。しかしながら、出力パワー密度は小さく、波長範囲も狭く、S バンドと C バンドと L バンドとにおいて計測に必要な  $-20 \text{ dBm/nm}$  以上のパワー密度を有していない。

#### 【0008】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、1490～1525 nm 波長帯においても高出力が得られる ASE 光源、S バンドと C バンドと L バンドとを連続してカバーできる ASE 光源、S バンドと C バンドとで動作可能な光増幅器、および S バンドと C バンドとで波長可変なレーザ発振器を提供することにある。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、このような目的を達成するために、請求項 1 に記載の発明は、希土類を添加した光ファイバを光増幅媒体とし、励起光を導入した前記光ファイバからの自然放出光を出力とする ASE 光源において、Tm 添加光ファイバから発生する自然放出光を出力する第 1 発光手段を備えたことを特徴とする。

#### 【0010】

請求項 2 に記載の発明は、希土類を添加した光ファイバを光増幅媒体とし、励起光を導入した前記光ファイバからの自然放出光を出力とする ASE 光源において、Tm 添加光ファイバから発生する自然放出光を出力する第 1 発光手段と、該第 1 発光手段の出力を Er 添加光ファイバにより増幅した増幅光と、前記 Er 添加光ファイバから発生する自然放出光とを重ね合わせて出力する第 2 発光手段とを備えたことを特徴とする。

#### 【0011】

この構成によれば、Tm 添加光ファイバと Er 添加光ファイバとを発光増幅媒体とすることにより、1490～1525 nm 波長帯においても高出力を得ることができる。

#### 【0012】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 または 2 に記載の前記第 1 発光手段は、T

mイオンの $3F_4 - 3H_4$ 準位間のエネルギーに相当する励起光と、 $3H_6 - 3F_4$ 準位間のエネルギーに相当する励起光とを、前記Tm添加光ファイバに入力する励起光源を有することを特徴とする。

【0013】

請求項4に記載の発明は、請求項1または2に記載の前記第1発光手段は、波長1360～1445nmの励起光を、前記Tm添加光ファイバに入力する励起光源を有することを特徴とする。

【0014】

請求項5に記載の発明は、請求項1ないし4のいずれかに記載の前記第1発光手段は、各々強度の異なる励起光を、前記Tm添加光ファイバの両端から入力して、自然放出光を出力することを特徴とする。

【0015】

請求項6に記載の発明は、請求項1ないし5のいずれかに記載の前記Tm添加光ファイバは、フッ化物ガラスの母体として、Tmを添加した光ファイバであることを特徴とする。

【0016】

請求項7に記載の発明は、請求項6に記載の前記Tm添加光ファイバは、濃度条長積が30,000ppm・m以上100,000ppm・m以下であり、Tm濃度が1000ppm以上8000ppm以下であることを特徴とする。

【0017】

請求項8に記載の発明は、請求項2ないし7のいずれかに記載の前記第2発光手段が有するEr添加光ファイバは、石英系ガラス、フッ化物ガラスまたはテルライトガラスを母体として、Erを添加した光ファイバであることを特徴とする。

【0018】

請求項9に記載の発明は、請求項2ないし8のいずれかにおいて、Er添加光ファイバから発生する自然放出光を出力する第3発光手段と、前記第2発光手段の出力と前記第3発光手段の出力とを合波して出力する第1合波手段とを備えたことを特徴とする。

## 【0019】

この構成によれば、 $T_m$ 添加光ファイバと $E_r$ 添加光ファイバとを発光増幅媒体とすることにより、SバンドとCバンドとLバンドを連続してカバーすることができる。

## 【0020】

請求項10に記載の発明は、請求項9に記載の前記第3発光手段が有する $E_r$ 添加光ファイバは、石英系ガラス、フッ化物ガラスまたはテルライトガラスを母体として $E_r$ を添加した光ファイバであることを特徴とする。

## 【0021】

請求項11に記載の発明は、請求項9または10において、 $E_r$ 添加光ファイバから発生する自然放出光を出力する第4発光手段と、前記第3発光手段の出力と前記第4発光手段の出力とを合波して前記第1合波手段に出力する第2合波手段とを備えたことを特徴とする。

## 【0022】

請求項12に記載の発明は、請求項11に記載の前記第4発光手段が有する $E_r$ 添加光ファイバは、フッ化物ガラスを母体として $E_r$ を添加した光ファイバであることを特徴とする。

## 【0023】

請求項13に記載の発明は、請求項9または10において、前記第2発光手段は、 $E_r$ イオンの ${}^4I_{15}/2-{}^4I_{13}/2$ 準位間のエネルギーに相当する励起光を、前記 $E_r$ 添加光ファイバに入力する励起光源を有し、前記第2発光手段の出力を分波して、前記第3発光手段の励起光として入力する分波器をさらに備えたことを特徴とする。

## 【0024】

請求項14に記載の発明は、請求項9または10において、前記第2発光手段は、波長1350～1445nmの励起光を、前記 $E_r$ 添加光ファイバに入力する励起光源を有し、前記第2発光手段の出力を分波して、前記第3発光手段の励起光として入力する分波器をさらに備えたことを特徴とする。

## 【0025】

請求項 15 に記載の発明は、希土類を添加した光ファイバを光増幅媒体とし、励起光を導入した前記光ファイバからの自然放出光を出力とする ASE 光源において、 $Tm$  添加光ファイバから発生する自然放出光を出力する第 1 発光手段と、該第 1 発光手段の一方の出力を  $Er$  添加光ファイバにより増幅した増幅光と、前記  $Er$  添加光ファイバから発生する自然放出光とを重ね合わせて出力する第 2 発光手段と、前記第 1 発光手段の他方の出力と前記第 2 発光手段の出力とを合波する合波手段とを備えたことを特徴とする。

#### 【0026】

請求項 16 に記載の発明は、希土類を添加した光ファイバを光増幅媒体とし、該光増幅媒体に信号光と励起光とを導入し、前記信号光を増幅する光増幅器において、前記信号光を  $Er$  添加光ファイバにより増幅して出力する第 1 増幅手段と、該第 1 増幅手段の出力を  $Tm$  添加光ファイバにより増幅して出力する第 2 増幅手段とを備えたことを特徴とする。

#### 【0027】

この構成によれば、 $Tm$  添加光ファイバと  $Er$  添加光ファイバとを増幅媒体とすることにより、波長 1510～1525 nm において、低雑音で高利得の光増幅器を実現することができる。

#### 【0028】

請求項 17 に記載の発明は、請求項 16 において、前記第 1 増幅手段は、 $Er$  イオンの  $^4I_{15}/2-^4I_{11}/2$  準位間のエネルギーに相当する励起光を、前記  $Er$  添加光ファイバに入力する励起光源を有し、前記第 2 増幅手段は、 $Tm$  イオンの  $^3F_4-^3H_4$  準位間のエネルギーに相当する励起光と、 $^3H_6-^3F_4$  準位間のエネルギーに相当する励起光とを、前記  $Tm$  添加光ファイバに入力する励起光源を有することを特徴とする。

#### 【0029】

請求項 18 に記載の発明は、請求項 16 または 17 に記載の前記  $Tm$  添加光ファイバは、 $Tm$  濃度が 500 ppm 以上 3000 ppm 以下であることを特徴とする。

#### 【0030】

請求項 19 に記載の発明は、請求項 16、17 または 18 において、前記第 2 増幅手段の出力を  $E_r$  添加光ファイバにより増幅して出力する第 3 増幅手段をさらに備えたことを特徴とする。

#### 【0031】

請求項 20 に記載の発明は、請求項 19 に記載の前記第 1 増幅手段が有する  $E_r$  添加光ファイバの濃度条長積は、前記第 3 増幅手段が有する  $E_r$  添加光ファイバの濃度条長積よりも小さいことを特徴とする。

#### 【0032】

請求項 21 に記載の発明は、請求項 16 ないし 20 のいずれかに記載の光増幅器の出力に接続されたフィルタと、該フィルタの出力に接続され、一方の出力を前記光増幅器に入力する分岐手段とを備えたことを特徴とする。

#### 【0033】

この構成によれば、S バンドと C バンドとで波長可変なレーザ発振器を実現することができる。

#### 【0034】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳細に説明する。

#### 【0035】

図 2 に、励起光源のエネルギー準位構造を示す。本実施形態において  $T_m$  添加光ファイバを励起する励起光源は、出力励起光の波長が  $T_m$  イオンの  $3F_4 - 3H_4$  準位間のエネルギーに相当する励起光と、 $3H_6 - 3F_4$  準位間のエネルギーに相当する励起とを用いるか、または、1360～1445 nm 波長帯の励起光を用いる。

#### 【0036】

本実施形態における ASE 光源においては、 $T_m$  添加光ファイバから発生する ASE 光を、 $4I_{11}/2$  準位または  $4I_{13}/2$  準位が励起された  $E_r$  添加光ファイバに入射させる。 $T_m$  添加光ファイバから出射する ASE 光を増幅し、増幅された ASE 光と  $E_r$  添加光ファイバから発生する ASE 光とを重ね合せて利用する。複数の ASE 光を、光合波器等により重ね合わせるだけでなく、 $T_m$  添

加光ファイバから出射するASE光のうち、特に1500nm～1525nm波長帯のASE光成分を、Er添加光ファイバにより増幅する。ASE光源においては、Tm添加光ファイバとEr添加光ファイバとを直列に配置し、増幅媒体とすることもできる。

#### 【0037】

また、LバンドにおけるASE光スペクトルを滑らかにするためには、異なるホストのEr添加光ファイバ、具体的には、石英光ファイバ、テルライト光ファイバから発生するASE光を重ね合わせる。さらに、Tm添加光ファイバを同一波長でかつ異なる強度で双方向励起することにより、1450～1525nm波長帯において、ASE光の波長依存性を小さくすることができる。

#### 【0038】

さらにまた、Tm添加光ファイバから得られる波長1445～1525nmのASE光の光強度に対する波長依存性を少なくするために、Tm濃度とファイバ長との積（以下、濃度条長積という）は、30,000から100,000ppm・mとすることが実用上好ましい。

#### 【0039】

##### [第1の実施形態]

図3に、本発明の第1の実施形態にかかるASE光源の構成を示す。反射ミラー6と、Tm添加光ファイバ1と、合波器2-1と、光アイソレータ4-1と、合波器2-2と、Er添加光ファイバ5と、光アイソレータ4-2とが、順に直列に接続されている。合波器2-1には、励起光源3-1が接続され、励起光がTm添加光ファイバ1に入力される。合波器2-2には、励起光源3-2が接続され、励起光がEr添加光ファイバ5に入力される。なお、合波器2-1、2-2は、光サーキュレータでもよい。

#### 【0040】

このような構成により、Tm添加光ファイバ1から発生するSバンドのASE光を、Er添加光ファイバ5に入射する。入射されたASE光を増幅し、増幅されたASE光とEr添加光ファイバ5から発生するASE光とを重ねることにより、全光出力のASE光スペクトルは、SバンドとCバンドとを連続してカバー



することができる。

#### 【0041】

Tm添加光ファイバ1は、Zr系フッ化物光ファイバであり、コアへのTmの添加濃度は6000ppm、ファイバ長は13mとした。SバンドのASE光スペクトルに広帯域性を持たせるために、濃度条長積は、30,000~100,000ppm・mが実用上好ましい。しかし、濃度条長積を上述の範囲に収めるためにTm濃度を上げ過ぎると、濃度消光が起こるため、Tmの発光効率が落ちる。従って、Tm濃度は、10,000ppm以下にすることが望ましい。また、Tm濃度を下げるとファイバ長をより長くする必要があり、製造コストの観点から不利である。このような観点から、Tm濃度は、1000ppm~8000ppmが実用上好ましい。

#### 【0042】

励起光源3-1は、波長1400nmの半導体レーザである。励起波長としては、1360~1445nmの波長を選ぶことができる。これはASE光の波長よりも短く、Tmイオンの $^3H_4$ 準位における短波長側の限界波長である。特に、励起効率のよい波長は、1380~1409nmであった。

#### 【0043】

反射ミラー6は、必須の構成要件ではなく、反射率を0~10%の値とすることにより、スペクトル形状を変えることができる。反射ミラー6を用いることにより、Tm添加光ファイバ1の左端から出射されたASE光とTm添加光ファイバ1に吸収されなかった励起光とを反射する。反射されたそれぞれの光は、再度Tm添加光ファイバ1の中で増幅される。このようにして、励起光を吸収させ、効率よくASE光を増強することができる。

#### 【0044】

Tm添加光ファイバ1を用いた場合には、反射ミラー6により1450nm帯の光が反射され、反射された光は、Tm添加光ファイバ1において、 $^3H_4 \rightarrow ^3F_4$ 遷移の誘導遷移が起こり、 $^3F_4$ 準位の励起密度が上がり、 $^3F_4 \rightarrow ^3H_4$ 吸収遷移が起こりやすくなる。その結果、SバンドのASE光スペクトルは、1450nm帯周辺の短波長成分が弱められる。一方、1500nm帯の長波長成

分は、 ${}^3F_4 \rightarrow {}^3H_4$  吸収遷移の影響を受けにくく、 $Tm$  添加光ファイバ 1 の中で再度増幅されることにより光強度が増す。従って、 $S$  バンドの  $ASE$  光スペクトルの長波長成分を増強したい場合には、反射ミラー 6 の設置が有効である。

#### 【0045】

なお、反射ミラー 6 を設置せず、 $Tm$  添加光ファイバ 1 の一端を、少量の反射は起こるが単に開放したり、またはファイバ端面の斜め研磨や無反射コート膜の付与などの無反射処理をほどこすことにより、 $1450\text{ nm}$  帯付近の短波長域の光強度を増強することができる。

#### 【0046】

$Er$  添加光ファイバ 5 は、 $Er$  石英系光ファイバであり、コアへの  $Er$  の添加濃度は  $500\text{ ppm}$ 、ファイバ長は  $20\text{ m}$  とした。 $Er$  添加光ファイバ 5 は、 $Er$  イオンの  ${}^4I_{13/2}$  と  ${}^4I_{15/2}$  準位間の反転分布が  $100\%$  に近くなると、 $1500 \sim 1525\text{ nm}$  の波長帯でも正の利得を持つことができる。 $100\%$  に近い反転分布を実現させるために、 $Er$  の  ${}^4I_{11/2}$  準位を励起することが可能な波長、すなわち  $980\text{ nm}$  帯の発振波長を有する半導体レーザを、励起光源 3-2 として用いて、約  $150\text{ mW}$  という十分強い強度で励起した。

#### 【0047】

$Tm$  添加光ファイバ 1 から出射された  $ASE$  光は、 $1515\text{ nm}$  以上の長波長帯域では  $-20\text{ dBm/nm}$  以下のパワー密度に低下してしまう。しかし、 $Tm$  添加光ファイバ 1 から出射された  $ASE$  光は、 $Er$  添加光ファイバ 5 により増幅されて強度が増大し、 $1510 \sim 1530\text{ nm}$  波長帯でのパワー密度は、 $-10\text{ dBm/nm}$  以上となる。

#### 【0048】

図 4 に、本発明の第 1 の実施形態にかかる  $ASE$  光源の出力スペクトルを示す。パワー密度は、 $1450 \sim 1565\text{ nm}$  波長帯で  $-20\text{ dBm/nm}$  以上である。 $Er$  添加光ファイバ 5 の光増幅作用を利用しない場合、つまり  $Tm$  添加光ファイバ 1 のみを利用した  $ASE$  光スペクトルのパワー密度は、 $1450 \sim 1515\text{ nm}$  波長帯で  $-20\text{ dBm/nm}$  以上であるが、本実施形態では、 $-20\text{ dBm/nm}$  以上のパワー密度の波長帯域を、 $1565\text{ nm}$  にまで拡張することがで

きる。

#### 【0049】

光アイソレータ4-1と合波器2-2との間、および光アイソレータ4-2後段の双方に挿入したタップにより、ASE光出力の一部を取り出し、光検出器で受光して出力光強度をモニタする。ASE光出力を安定させるため、モニタ出力の各々を、励起光源3-1, 3-2の駆動にフィードバックする。このとき、光アイソレータの4-2の後段に設置したタップには、1530nm~1570nm波長帯の光のみを透過する光フィルタを付加し、主としてEr添加光ファイバ5から出射される光をモニターできるようにする。このようにして、全光出力の変動を±0.01dB以下に抑えることができる。なお、このようなフィードバック制御を付与しない場合には、全光出力の変動は±0.03dB程度であり、環境温度にも依存する。

#### 【0050】

##### [第2の実施形態]

図5に、本発明の第2の実施形態にかかるASE光源の構成を示す。第2の実施形態では、第1の実施形態にかかるASE光源のTm添加光ファイバ1を双方向から励起することとし、他の構成は同一とした。励起光源3-1から出力された励起光を、分波器7により5%対95%の強度比に分割する。全励起光量は、250mWである。5%の励起光は、合波器2-3を介してTm添加光ファイバ1に入射され（以下、前方励起という）、95%の励起光は、合波器2-1を介してTm添加光ファイバ1に入射される（以下、後方励起という）。

#### 【0051】

図6に、本発明の第2の実施形態にかかるASE光源の出力スペクトルを示す。上述した双方向励起法により、Tm添加光ファイバ1から出射されるASE光スペクトルの波長依存性を、図6に示すように小さくすることができる。すなわち、合波器2-3を介してTm添加光ファイバ1に励起光を入射することにより、入射しない場合に比較して、1500nm帯付近のパワー密度を増強することができ、ASE光スペクトルの波長依存性をより小さくすることができる。Tm添加光ファイバ1のみを利用したASE光スペクトルのパワー密度は、1460

～1510 nm 波長帯で -10 dB/nm 以上であり、1450 nm～1518 nm 波長帯で -20 dB/nm 以上である。

#### 【0052】

前方励起の光強度を上げ過ぎると、Tmイオンの ${}^3\text{H}_4 - {}^3\text{F}_4$ 準位間の反転分布状態が劣化し、1460 nm 帯付近のパワー密度が低下し、かつ、1500 nm 帯付近のパワー密度が上昇する。つまり、ASE光スペクトルが長波長側にシフトした形状となる。このような長波長側へのシフトをふせぐために、前方励起の光強度を後方励起の光強度より小さくしておくことが望ましい。好ましい分割比は3～30%対97～70%である。

#### 【0053】

第2の実施形態によれば、1450～1565 nm 波長帯で -20 dBm/nm 以上のパワー密度を実現することができ、1480～1520 nm 波長帯におけるスペクトルの波長依存性を、第1の実施形態と比較して小さくすることができる。第2の実施形態においては、1台の励起光源3-1でTm添加光ファイバ1を励起したが、経済性には劣るものの2台以上の励起光源を用いて双方向励起を行ってもよい。また、Er添加光ファイバ5として石英系光ファイバを用いたが、フッ化物光ファイバやテルライト光ファイバを用いてもよい。このとき、励起光の波長は、970 nm 近傍 ( $\pm 5$  nm) とすると励起効率がよい。

#### 【0054】

##### [第3の実施形態]

図7に、本発明の第3の実施形態にかかるASE光源の構成を示す。ASE光源は、第2の実施形態にかかるASE光源の光出力ポートに光合波器9-1を接続し、光合波器9-1の他方の入力には、光アイソレータ4-3と、光合波器2-4と、Er添加光ファイバ8と、反射ミラー6-2とを順に接続する。合波器2-4には、励起光源3-3が接続されている。

#### 【0055】

光合波器9-1は、波長依存性の小さな3 dBカップラなどを使用することができる。Er添加光ファイバ8として、Er添加濃度が1000 ppm、ファイバ長5 mのEr添加テルライト光ファイバを用いる。なお、Er添加光ファイバ

8として、E r 添加フッ化物光ファイバやE r 添加石英系光ファイバを用いてもよい。励起光源3-3は、発振波長1480nmの半導体レーザであり、励起光量は130mWである。

#### 【0056】

図8に、本発明の第3の実施形態にかかるASE光源の出力スペクトルを示す。1455nmから1618nmまで163nmの波長帯において、-20dBm/nm以上のパワー密度が得られ、SバンドとCバンドとLバンドとを連続的にカバーすることができる。光合波器9-1として3dBカップラを用いると、光出力ポートを2本取ることができ、同一のスペクトルを有するASE光を独立に2つとることができ、光計測に応用する場合に効率がよい。

#### 【0057】

##### [第4の実施形態]

図9に、本発明の第4の実施形態にかかるASE光源の構成を示す。第4の実施形態は、第3の実施形態にかかるASE光源で得られたASE光スペクトルの形状を改善するものである。すなわち、図8に示した第3の実施形態で得られたASE光スペクトルでは、波長1560~1600nmにかけて大きなスペクトルのへこみがある。これは発光媒体としてE r 添加テルライト光ファイバを用いたためである。ASE光スペクトルは、できるだけ波長依存性の小さい、すなわちスペクトルが平坦なものが望ましい。

#### 【0058】

反射ミラー6-3と、E r 添加光ファイバ10と、光合波器2-5と、励起光源3-4と、光アイソレータ4-4とからなるASE光源を、第3の実施形態にかかるASE光源の光合波器9-1と光アイソレータ4-3との間に光合波器9-2を挿入して接続した。E r 添加光ファイバ10からのASE光は、1560~1600nm波長帯で、E r 添加テルライト光ファイバからのASE光より大きなパワー密度を有する。従って、両者のスペクトルを合成することにより1570~1600nm波長帯のスペクトルを平滑化することができる。なお、E r 添加光ファイバ10は、E r 添加フッ化物光ファイバを用いることもできる。

#### 【0059】

図10に、本発明の第4の実施形態にかかるASE光源の出力スペクトルを示す。図8に示した第3の実施形態にかかるASE光源の出力スペクトルと比較して、1570～1600nm波長帯のスペクトルが平滑化されていることがわかる。

#### 【0060】

本実施形態において、タップ11-1～11-4を光アイソレータ4-1～4-4の出力側に設置し、Tm添加光ファイバ1とEr添加光ファイバ5、8、10との光出力の一部を取り出し、励起光源制御部12-1～12-4によりモニタする。ASE光出力を安定させるため、励起光源3-1～3-4の駆動にフィードバックする。その結果、光合波器9-1から出力される全光出力の変動は±0.01dB以下に抑えられる。

#### 【0061】

##### [第5の実施形態]

図11に、本発明の第5の実施形態にかかるASE光源の構成を示す。第5の実施形態は、第3の実施形態にかかるASE光源の経済化を図ったものである。ASE光源を構成する部品の中で、最もコストのかかる励起光源の数を、第3の実施形態の3個から2個に減らした。励起光源3-2は、980nm帯の半導体レーザから、1430nm帯の半導体レーザに変更した。波長1430nmの励起光によりErイオンの $^4I_{13/2}$ 準位を励起することができる。この励起により、Er添加光ファイバ5において、Tm添加光ファイバ1から発生するSバンドのASE光の増幅が可能であり、増幅されたSバンドのASE光とEr添加光ファイバ5から発生するASE光とを重ね合せる。

#### 【0062】

このとき、波長1430nmの励起光の一部は、Er添加光ファイバ5により吸収されずEr添加光ファイバ5を通過する。通過した励起光のみを、光分波器13-1により1445nmより長波長のASE光と分離して取り出し、合波器2-3に入射して、Er添加光ファイバ8の励起光として用いた。Er添加光ファイバ8から発生するASE光と、光分波器13-1により波長1430nmの励起光と分離されたSバンドとCバンドにわたるASE光とを、光合波器9-1

により合波して全光出力を得た。その結果、SバンドとCバンドとLバンドとを連続的にカバーするASE光が得られた。パワー密度は、1455nmから1618nmまで163nmの波長帯において、 $-20\text{ dBm/nm}$ 以上であり、全光出力の変動は $\pm 0.01\text{ dB}$ 以下であった。

#### 【0063】

Er添加光ファイバ8としてEr添加テルライト光ファイバを用いたが、Er添加フッ化物光ファイバまたはEr添加石英光ファイバを用いてもよい。本実施形態では、励起光源3-2の波長として1430nmを使用した。この限りではない。励起波長としての必要条件是、SバンドとCバンドとLバンドとのASE光と波長が重なり合わないこと、およびErイオンの $^4I_{13/2}$ 準位を励起することである。従って、波長1350nm~1445nmの光を利用することができる。

#### 【0064】

##### [第6の実施形態]

図12に、本発明の第6の実施形態にかかるASE光源の構成を示す。第1の実施形態にかかるASE光源に対し、Tm添加光ファイバ1とEr添加光ファイバ5とを並列に配置し、反射ミラー6を用いずに、光アイソレータ4-3を介して、合波器2-2に接続し、Tm添加光ファイバ1とEr添加光ファイバ5の出力を光合波器9-1に接続したものである。

#### 【0065】

波長1400nmの励起光源3-1で励起されたTm添加光ファイバ1の片端から出力されたSバンドのASE光を、波長980nmの励起光源3-2で励起されたEr添加光ファイバ5に入射する。Tm添加光ファイバ1から発生するASE光の1500~1530nm波長帯の成分を増幅し、Er添加光ファイバ5から発生するCバンドのASE光と重ね合わせて出力する。この出力とTm添加光ファイバ1の他端から出たSバンドのASE光とを光合波器9-1により、合波して出力する。その結果、1450~1565nm波長帯において、 $-20\text{ dBm/nm}$ 以上のパワー密度が得られ、SバンドとCバンドとを連続的にカバーするASE光が得られる。

## 【0066】

本実施形態においては、反射ミラーを用いていないので、励起光量を増大させて、 $T_m$ 添加光ファイバ1と $E_r$ 添加光ファイバ5の内部利得を極端に上げた場合であっても、ASE光源に不用なレーザ発振を抑えることができる。このようにして、全光出力が20 dBm以上の安定したASE光を得ることができ、安定度も $\pm 0.01$  dB以下となる。

## 【0067】

## [第1の実施形態にかかる光増幅器]

図13に、本発明の第1の実施形態にかかる光増幅器の構成を示す。光増幅器の第1段は、信号入力に接続された光アイソレータ4-1-1と、合波器2-2と、 $E_r$ 添加光ファイバ5と、合波器2-2-1と、光アイソレータ4-1とが、順に直列に接続されている。波長980 nmの半導体レーザである励起光源3-2は、合波器2-2に接続され、 $E_r$ 添加光ファイバ5に対し前方励起を行い、波長980 nmの半導体レーザである励起光源3-2-1は、合波器2-2-1に接続され、 $E_r$ 添加光ファイバ5に対し後方励起を行う。

## 【0068】

光増幅器の第2段は、光アイソレータ4-1に接続された合波器2-3と、合波器2-1と、 $T_m$ 添加光ファイバ1と、信号出力に接続された光アイソレータ4-2とが、順に直列に接続されている。波長1400 nmの半導体レーザである励起光源3-1は、合波器2-3に接続され、波長1620 nmの半導体レーザである励起光源3-1-1は、合波器2-1に接続され、それぞれ $T_m$ 添加光ファイバ1を励起する。

## 【0069】

光増幅器は、1430 nmから1570 nmまで140 nmの波長帯において、30 dB以上の利得を得ることができる。通常、1510 nmより長波長域では、 $T_m$ による利得が小さくなり、1525 nmより短波長域では、 $E_r$ による利得が小さくなるため、1510～1525 nmの波長において、25 dB以上の利得を得ることは困難である。しかしながら、本実施形態における光増幅器は、 $E_r$ イオンの $^4I_{11}/2$ 準位を980 nm帯の光で十分強く励起し、反転分



布状態を100%近くにするにより、1510～1525nmの波長においても高い利得を得ることができる。

#### 【0070】

また、波長1620nmの励起光を使い、Tmイオンの $^3F_4$ 準位を励起して、基底準位である $^3H_6$ 準位のTmイオンの占有率をほぼ零にすると、1510nm以上の波長において顕著になる $^3H_5 \rightarrow ^3F_4$ 吸収遷移による雑音指数の劣化を抑えられ、利得も増大する。波長1400nmの励起光は、 $^3F_4 \rightarrow ^3H_4$ の遷移により、 $^3H_4$ 、 $^3F_4$ 準位間の反転分布を作るように作用する。Tm添加光ファイバ1の前段にEr添加光ファイバ5を配置したのは、Er添加光ファイバ5が1510nm以上の波長域において、低雑音かつ高利得で増幅できるためであり、このような構成を取るにより、1430～1570nmにおいて雑音指数を8dB以下にすることができる。

#### 【0071】

Tm添加光ファイバ1のTmの添加濃度は、4000ppm以下が望ましい。添加濃度が4000ppmより高い場合、Tm間のクロス緩和が顕著になり、量子効率が落ちるとともに、1470nmより短波長側の利得が得にくくなり、また、1510nm以上の波長で雑音指数が増大し、増幅機能の広帯域性が失われるからである。光ファイバのバックグラウンド損失を考慮すると、添加濃度が500ppmから3000ppmが最も好ましく、広帯域かつ高効率な光増幅が可能になる。

#### 【0072】

##### [第2の実施形態にかかる光増幅器]

図14に、本発明の第2の実施形態にかかる光増幅器の構成を示す。光増幅器の第1段は、信号入力に接続された光アイソレータ4-1と、合波器2-3と、Er添加光ファイバ5と、光アイソレータ4-2とが、順に直列に接続されている。Er添加光ファイバ5は、Er石英系光ファイバであり、コアへのErの添加濃度は500ppm、ファイバ長は5mとした。

#### 【0073】

光増幅器の第2段は、光アイソレータ4-2に接続された合波器2-2と、T

m添加光ファイバ1と、合波器2-4と、光アイソレータ4-3とが、順に直列に接続されている。Tm添加光ファイバ1は、Zr系フッ化物光ファイバであり、コアへのTmの添加濃度は6000ppm、ファイバ長は7mとした。

#### 【0074】

光増幅器の第3段は、光アイソレータ4-3に接続された合波器2-1と、Er添加光ファイバ8と、合波器2-2-1と、光アイソレータ4-4とが、順に直列に接続されている。Er添加光ファイバ8は、Er石英系光ファイバであり、コアへのErの添加濃度は500ppm、ファイバ長は20mとした。

#### 【0075】

Erの $4I_{11}/2$ 準位を励起することが可能な980nm帯の発振波長を有する半導体レーザを、励起光源3-1, 3-1-1, 3-2-1として用いて、出力約120mWで励起した。励起光源3-2, 3-3は、波長1400nmの半導体レーザであり、出力約200mWで励起した。

#### 【0076】

図15に、本発明の第2の実施形態にかかる光増幅器の利得スペクトルを示す。光増幅器は、1455~1555nm波長帯において、20dB以上の利得を得ることができる。従来、1510~1520nmの波長においては、希土類を添加した光ファイバ増幅器では、WDM伝送に適用可能な利得を得ることが困難であったが、本実施形態により実用化することができる。

#### 【0077】

光増幅器は、1480nmから1515nmまで35nmの波長帯において、利得偏差が $\pm 0.5$ dB以下であり、雑音指数が6dB以下となる。従って、利得等化器を用いることなく高効率に利得平坦化を図ることができる。Er添加光ファイバ5を含む光増幅器の第1段を用いなくて増幅した場合に、雑音指数は、図15中に点線で示したように、波長1505nm付近から増大するので、光伝送システムへの適用は困難である。しかし、光増幅器の第1段を設けることで、1505nm以上の波長域で雑音指数を低減できることがわかる。

#### 【0078】

Er添加光ファイバ5の濃度条長積は、Er添加光ファイバ8の濃度条長積よ

りも小さい方が望ましい。Er 添加光ファイバを用いた場合、1480 nm より短波長側で顕著となる、 $4I_{13}/2 - 4I_9/2$  遷移による信号励起状態の吸収による雑音指数の増大を抑えるために有効だからである。なお、Er 添加光ファイバ 5, 8 は、Er 添加フッ化物光ファイバや Er 添加テルライト光ファイバを用いてもよい。

#### 【0079】

##### [レーザ発振器]

図 16 に、本発明の一実施形態にかかるレーザ発振器の構成を示す。レーザ発振器は、図 13 に示した光増幅器 14 の信号出力に、波長可変のバンドパスフィルタ 13 を接続し、バンドパスフィルタ 13 の出力に 90 対 10 の分岐比のタップ 11-5 を接続して、出力を取り出す。タップ 11-5 の一方の出力は、光増幅器 14 の信号入力に接続する。

#### 【0080】

このような構成により、レーザ発振を行うと、1430～1570 nm でレーザ発振を起こし、発光強度 0 dBm 以上の光出力を得ることができる。

#### 【0081】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、Tm 添加光ファイバと Er 添加光ファイバとを発光増幅媒体とすることにより、S バンドと C バンドと L バンドを連続してカバーできる ASE 光源を実現することができ、光部品の特性評価または光計測用の光源として大きな利便をもたらすことが可能となる。

#### 【0082】

また、本発明によれば、波長 1510～1525 nm においても動作できる低雑音で高利得の光増幅器を実現することができ、通信機器コストの低減化により、WDM 伝送技術の進展をうながすことが可能となる。

#### 【0083】

さらに、本発明によれば、S バンドと C バンドとで波長可変なレーザ発振器を実現することができ、高価であった波長可変レーザの経済化を図ることができ、波長可変光源を使った光計測技術の普及に寄与することが可能となる。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

従来の A S E 光源のスペクトルを示す図である。

**【図 2】**

励起光源のエネルギー準位構造を示す図である。

**【図 3】**

本発明の第 1 の実施形態にかかる A S E 光源を示す構成図である。

**【図 4】**

本発明の第 1 の実施形態にかかる A S E 光源の出力スペクトルを示す図である

。

**【図 5】**

本発明の第 2 の実施形態にかかる A S E 光源を示す構成図である。

**【図 6】**

本発明の第 2 の実施形態にかかる A S E 光源の出力スペクトルを示す図である

。

**【図 7】**

本発明の第 3 の実施形態にかかる A S E 光源を示す構成図である。

**【図 8】**

本発明の第 3 の実施形態にかかる A S E 光源の出力スペクトルを示す図である

。

**【図 9】**

本発明の第 4 の実施形態にかかる A S E 光源を示す構成図である。

**【図 1 0】**

本発明の第 4 の実施形態にかかる A S E 光源の出力スペクトルを示す図である

。

**【図 1 1】**

本発明の第 5 の実施形態にかかる A S E 光源を示す構成図である。

**【図 1 2】**

本発明の第 6 の実施形態にかかる A S E 光源を示す構成図である。

## 【図 13】

本発明の第 1 の実施形態にかかる光増幅器を示す構成図である。

## 【図 14】

本発明の第 2 の実施形態にかかる光増幅器を示す構成図である。

## 【図 15】

本発明の第 2 の実施形態にかかる光増幅器の利得スペクトルを示す図である。

## 【図 16】

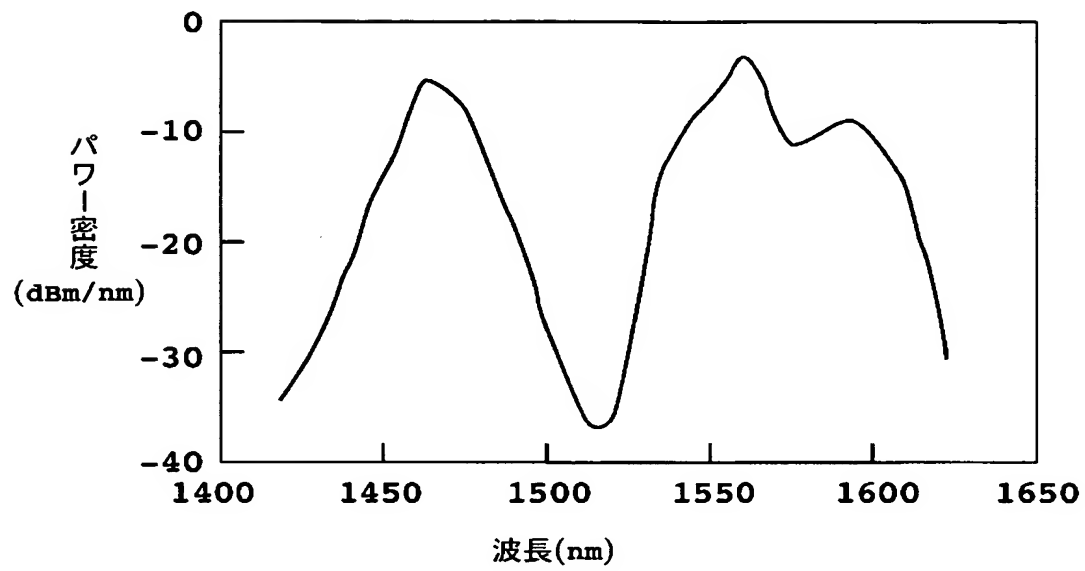
本発明の一実施形態にかかるレーザ発振器を示す構成図である。

## 【符号の説明】

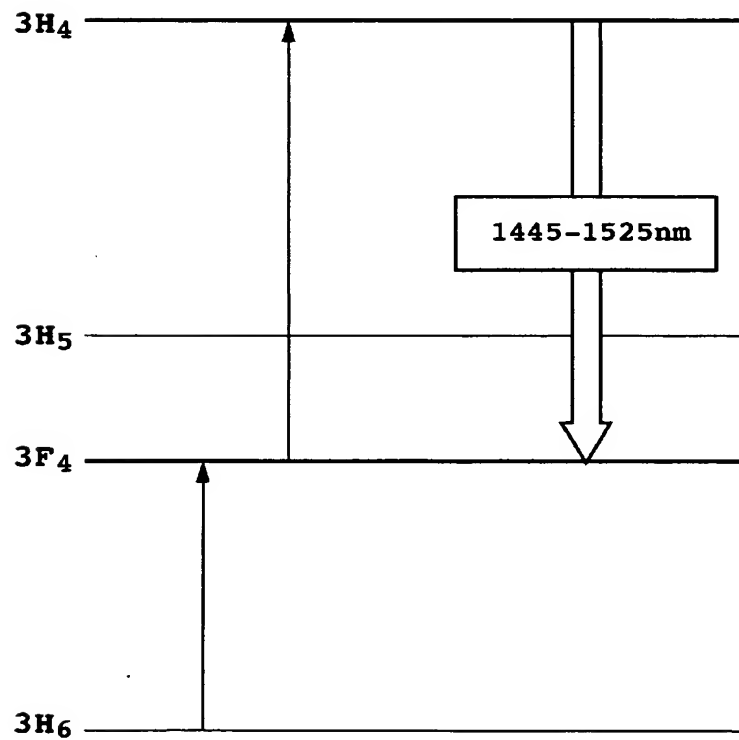
- 1      T<sub>m</sub> 添加光ファイバ
- 2-1 ~ 2-5, 2-2-1      合波器
- 3-1 ~ 3-4, 3-1-1, 3-2-1      励起光源
- 4-1 ~ 4-4, 4-1-1      光アイソレータ
- 5, 8, 10      E<sub>r</sub> 添加光ファイバ
- 6, 6-1 ~ 6-3      反射ミラー
- 7      分波器
- 9-1, 9-2      光合波器
- 11-1 ~ 11-5      タップ
- 12-1 ~ 12-4      励起光源制御部
- 13      バンドパスフィルタ
- 13-1      光分波器
- 14      光増幅器

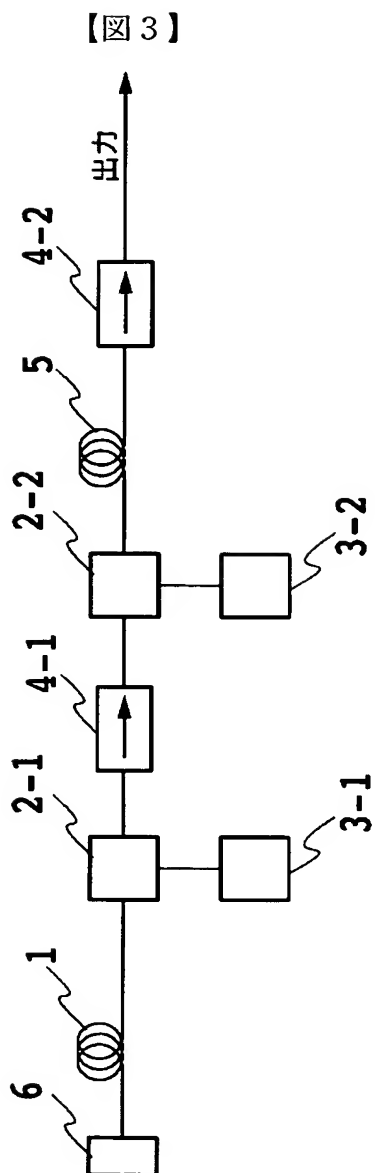
【書類名】 図面

【図 1】

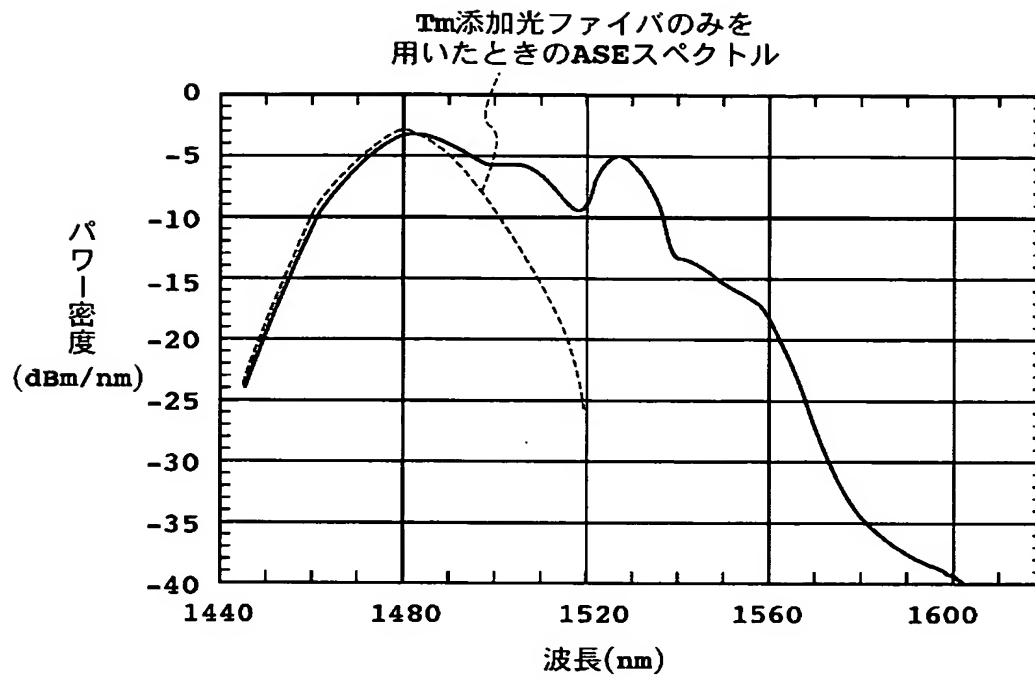


【図 2】

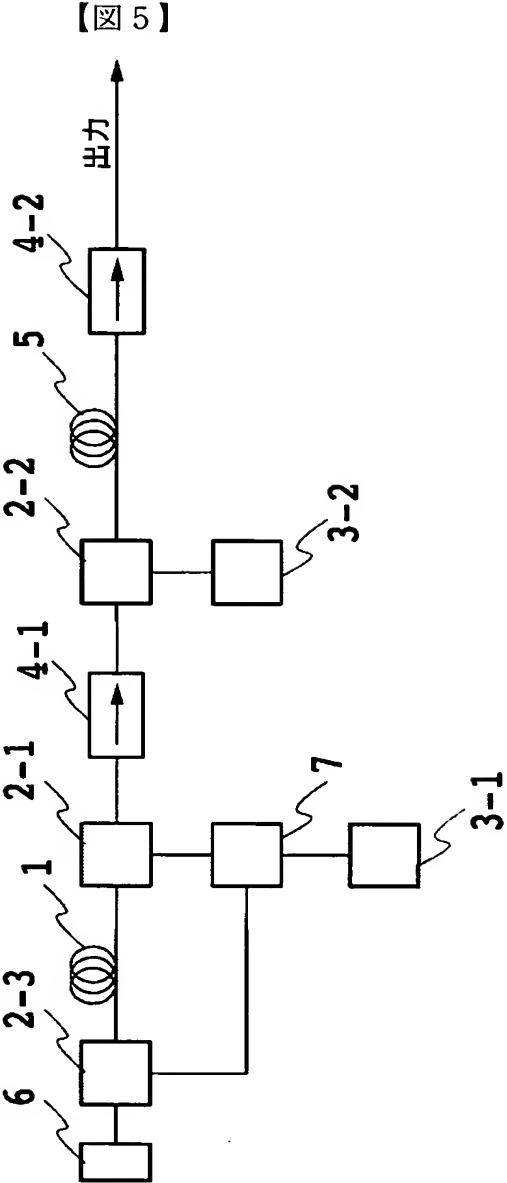




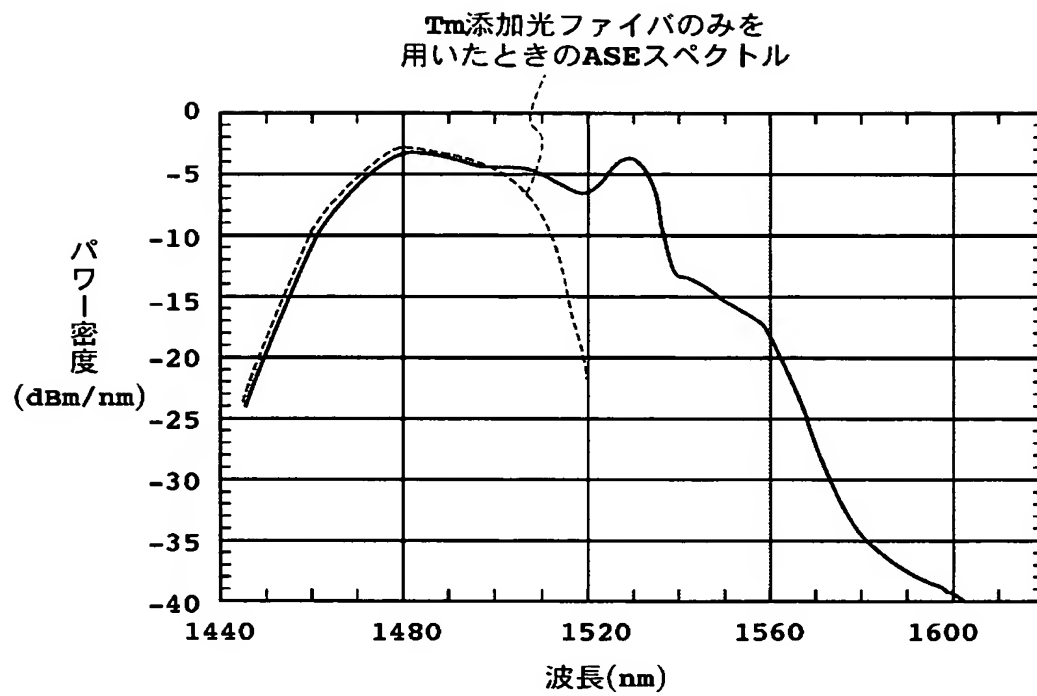
【図 4】

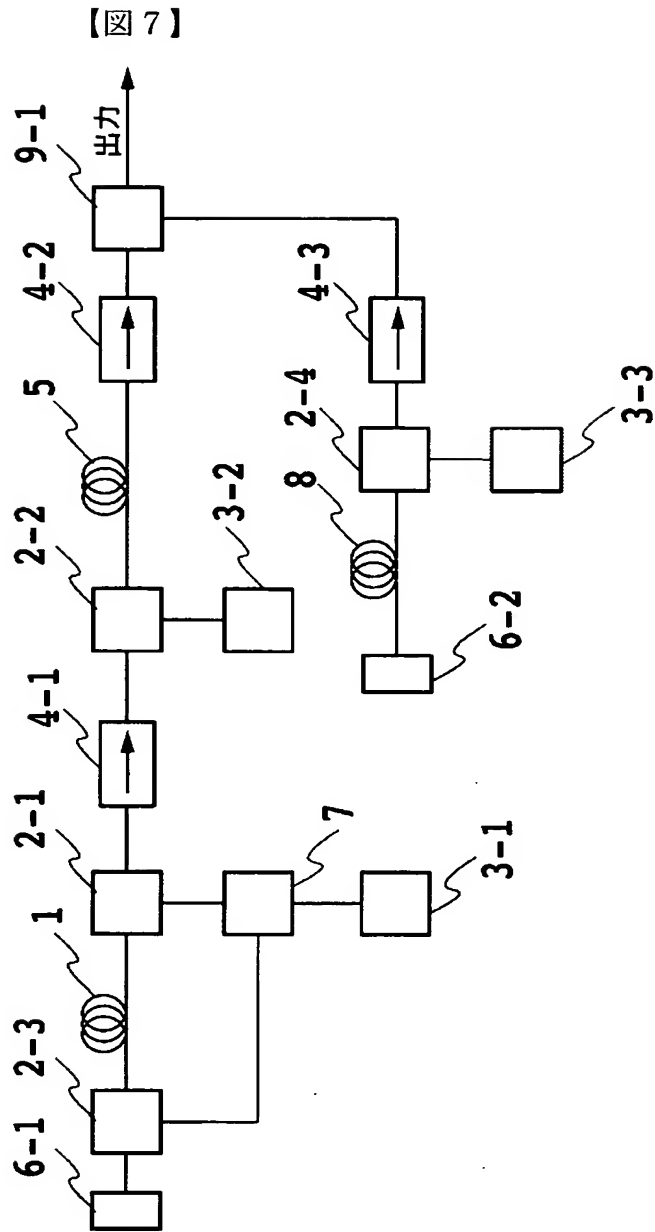




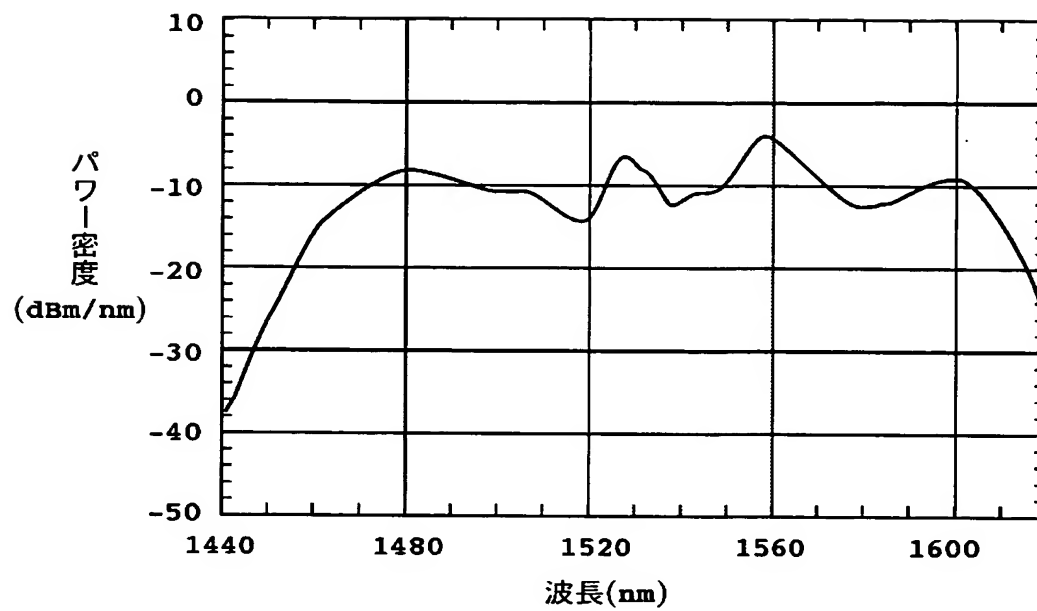


【図 6】

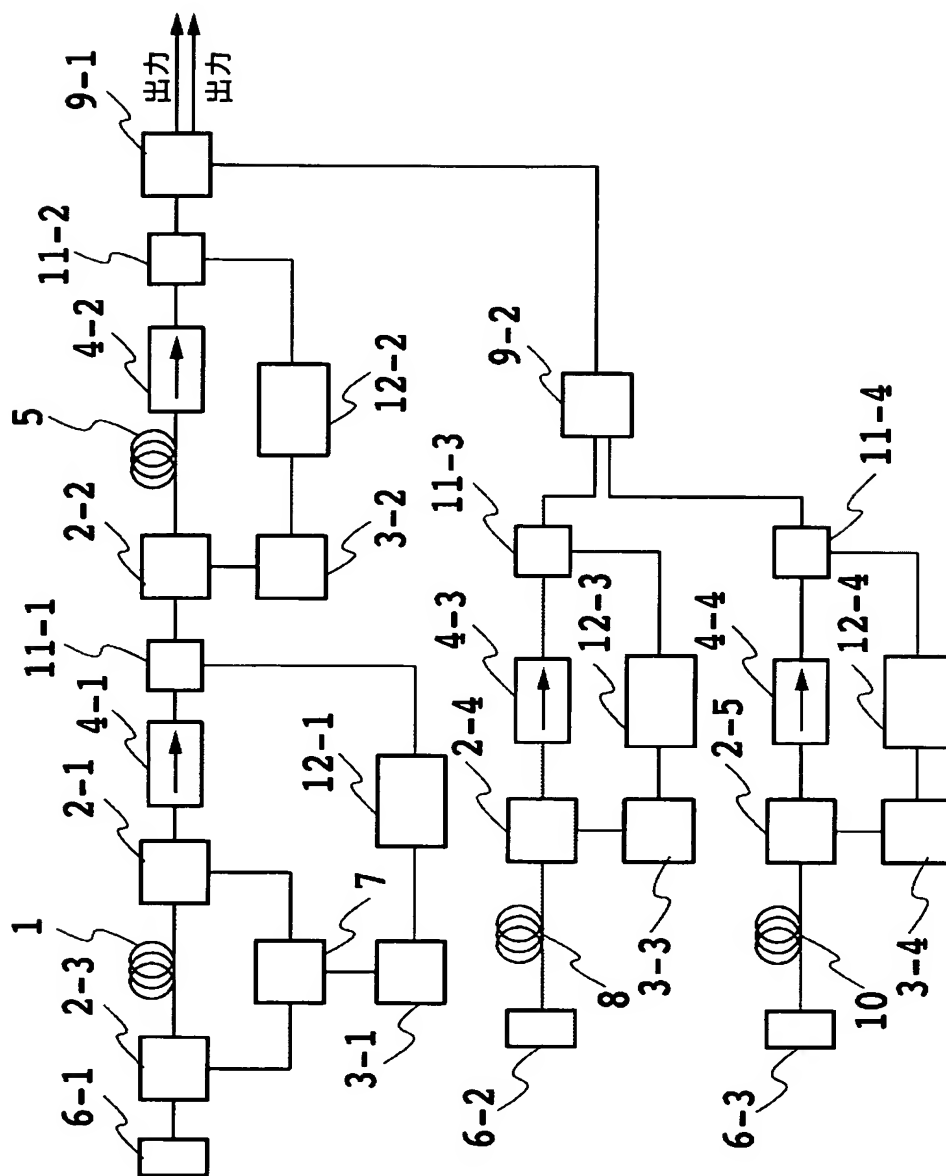




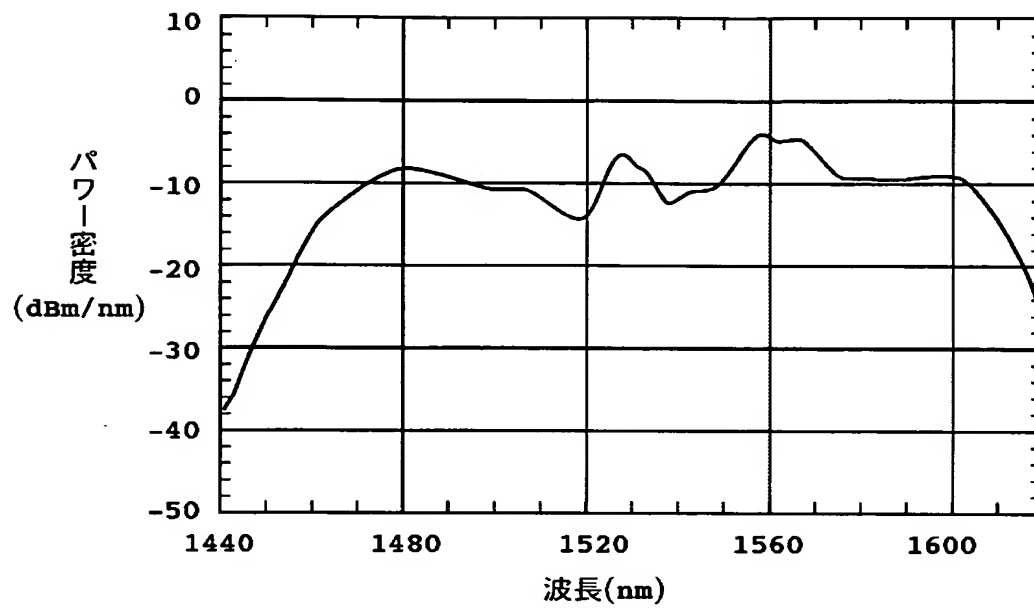
【図 8】



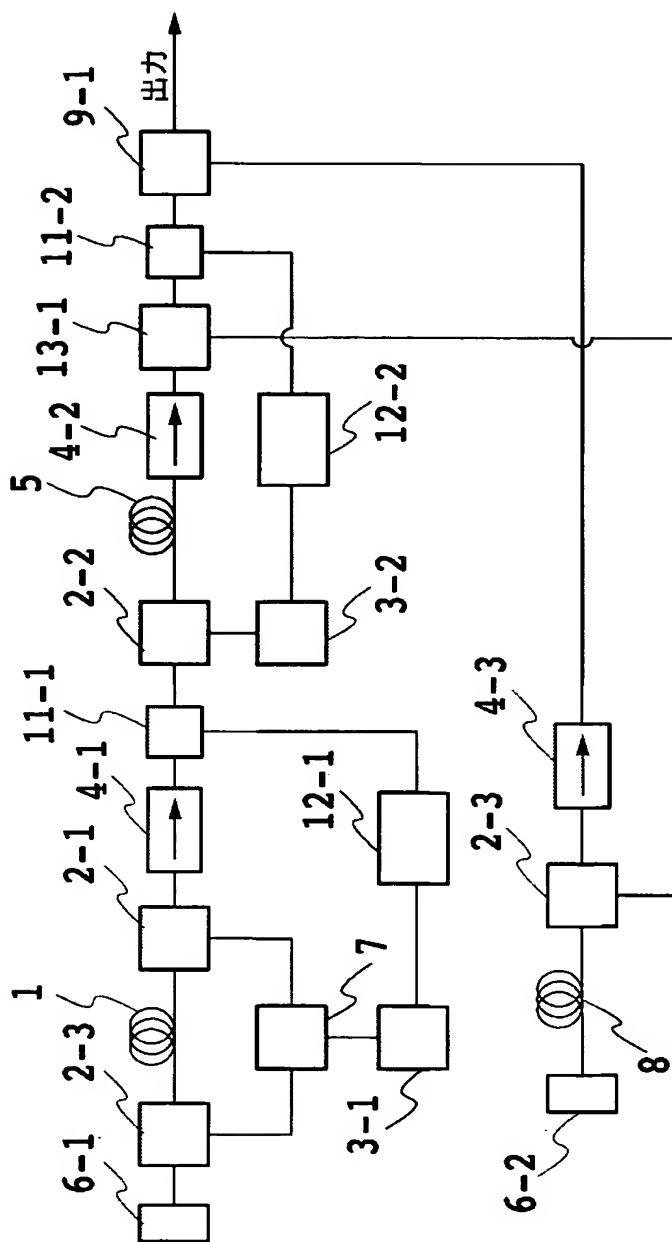
【図 9】

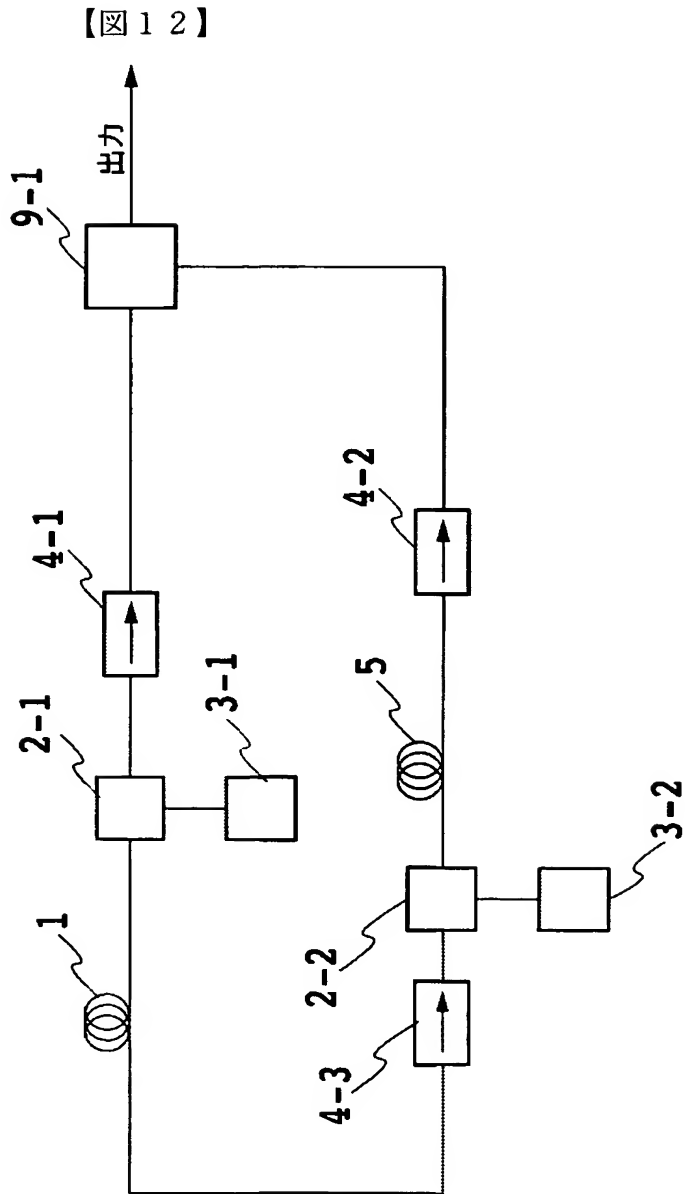


【図 10】



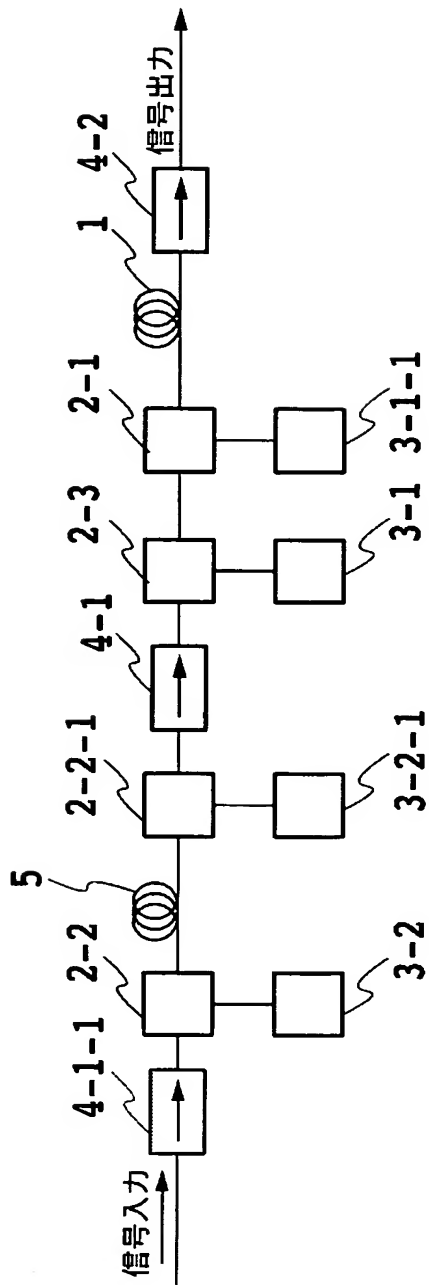
【図 11】

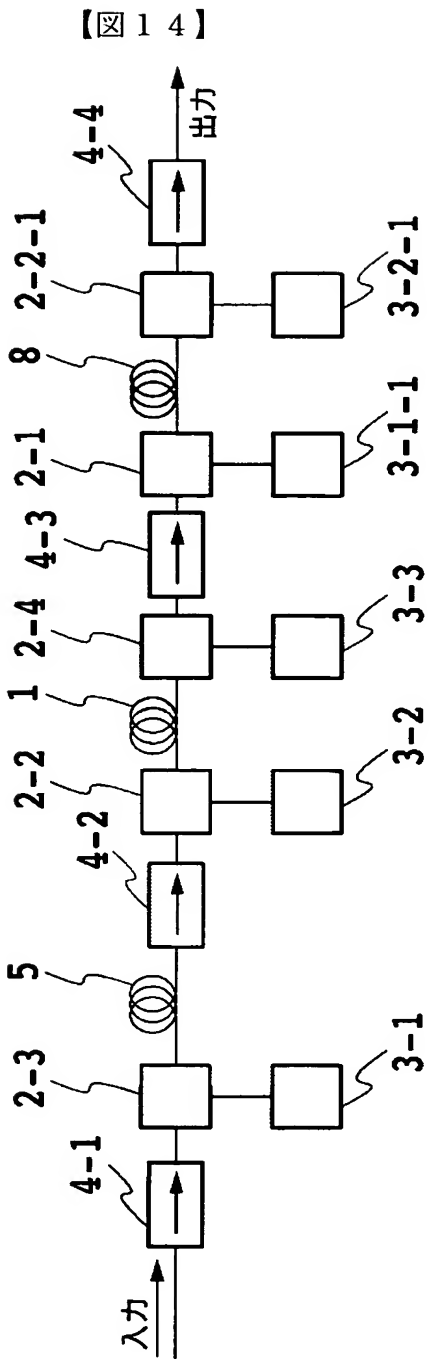




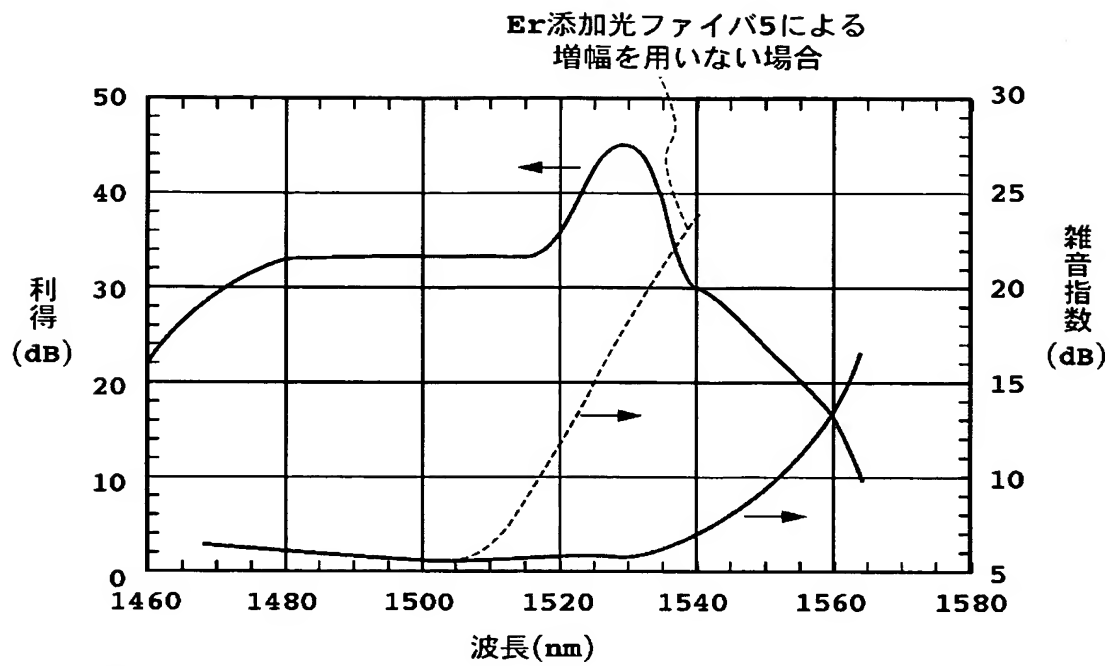


【図 13】

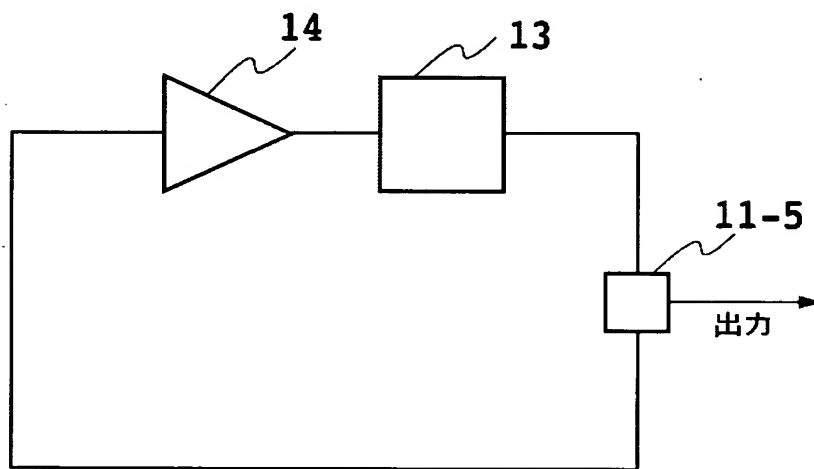




【図 15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 1490～1525nm波長帯においても高出力が得られるASE光源を提供する。

【解決手段】  $T_m$ 添加光ファイバ1から発生する自然放出光を出力する第1発光手段と、該第1発光手段の出力を  $E_r$ 添加光ファイバ5により増幅した増幅光と、前記  $E_r$ 添加光ファイバ5から発生する自然放出光とを重ね合わせて出力する第2発光手段とを備えた。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 1 - 2 9 4 6 7 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 5 9 1 2 3 0 2 9 5 ]

1. 変更年月日 2 0 0 0 年 3 月 1 6 日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号

氏 名 エヌティティエレクトロニクス株式会社